Aus dem Hygienischen Institut der Universität Würzburg
(Vorstand: Professor Dr. KNORR)

# Die Widerstandsfähigkeit des Bakt. Coli bei Trocknung

*

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät
der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Karl Berger
aus Essen

1936
Buchdruckerei Fritz & Rappert, Ochsenfurt am Main

Referent: Professor Dr. Knorr

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

Meinen Eltern

in Dankbarkeit gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549802_0057

Die Bedeutung der an toten Gegenständen der Trocknung ausgesetzten Keime ist schon früh eingeschätzt worden. Besonders die Erkenntnis der Tröpfcheninfektion verlangte eine eingehende Untersuchung der in Tröpfchen befindlichen Erreger und ihres Verhaltens, wenn sie so längere Zeit der Luft, d. h. auch der Trocknung, ausgesetzt sind. Aber auch sonst ist das weitere Verhalten von Bakterien, die auf irgendeine Art an tote Gegenstände gelangen, sehr wesentlich. Hier spielt außer anderen Einflüssen, wie z. B. das Sonnenlicht, die Austrocknung für das Absterben der Keime eine wichtige Rolle.

Es wurde bald bekannt, daß Trocknung für Bakterien nicht nur Wachstumshemmung, sondern Abtötung bedeutet, daß die Schnelligkeit des Absterbens von der Dicke der auszutrocknenden Schicht abhängig ist, und daß wechselnde Luftfeuchtigkeit besonders ungünstig auf die Keime wirkt (BERKHOLZ, 1889).

KIRSTEIN untersuchte (1900—1905) die „Dauer der Lebensfähigkeit von versprayten Mikroorganismen in feinsten Tröpfchen und Stäubchen" besonders des Tuberkelbazillus. Mit einem eigens konstruierten Apparat verstäubte er beispielsweise tbc. Sputum und stellte fest, daß je länger die Tröpfchen der Luft ausgesetzt werden, umsomehr Tbc. absterben, bis schließlich keine lebensfähigen Keime mehr nachweisbar sind.

Besonders eingehend hat sich FICKER (1907) mit dem „Verhalten der Bakterien bei Nahrungs-, spez. Wassermangel" befaßt. Untersuchungsgang: Von einer Choleraplatte tat er eine Öse in 1 ccm des betreffenden Aufschwemmungsmittels und hievon eine Öse zum Trocknen auf ein Deckgläschen. Er nahm verschiedene Aufschwemmungsmittel, z. B. Aqu. dest., Urin, Speichel usw. und kam zu dem Ergebnis, daß Bakterien in verschiedenen Mitteln aufgeschwemmt, verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Trocknung zeigen. Cholera zeigte z. B. in Brühe aufgeschwemmt eine 700mal größere Widerstandsfähigkeit als in Aqu. dest. aufgeschwemmt. Außerdem stellte er fest, daß Züchtungstemperatur und die Fähigkeit, bei verschiedenen Temperaturen das Trocknen zu ertragen, in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Wurde die Kultur z. B. bei 37° gezüchtet, so war der Stamm bei 37° am widerstandsfähigsten gegen Trocknen, weniger bei 22° oder 15° und umgekehrt.

Außer den angeführten haben sich noch einige amerikanische und englische Bakteriologen mit dem Thema, Trocknung von Bakterien, befaßt.

Winslow und Abrahamson (The effect of drying upon bacteria, 1912) nahmen 24 Stunden alte Brühekulturen und verteilten dieselben auf seesandhaltige Petrischalen. In gewissen Zeiträumen (nach 4 Stunden bis zu 10 Tagen) schwemmten sie die überlebenden Keime mit sterilem Wasser auf und überimpften auf Agar. Die Austrocknung wirkte dabei im hohen Grade schädigend auf die Bakterien, denn nach 10 Stunden waren 50% und nach 24 Stunden sogar 99% zugrunde gegangen.

Shattock und Dudgeon (Certain results of drying nonsporing bacteria in a charcoal liquid air vacuum, 1912) trockneten Bakterien in einem nach dem Devar-Verfahren hergestellten luftleeren Raum. Dabei vertrug zum Beispiel B. pyocyaneus das Eintrocknen unter Luftabschluß länger als bei Luftzutritt. Außerdem zeigte die Widerstandskraft der verschiedenen Bakterien gegen Trocknung große Schwankungen. Für diese Verschiedenheiten wurde der molekulare Aufbau des Protoplasmas verantwortlich gemacht.

Es soll nun die Aufgabe dieser Arbeit sein, die Austrocknung, insbesondere von Bakt. Coli, quantitativ zu bewerten. Zunächst möchte ich die von Professor Knorr angegebene Technik kurz beschreiben:

Ein mit alkalischer Brühe gefülltes Saftfläschchen wird mit dem Bakterienstamm beimpft und für eine bestimmte Zeit in den Brutschrank gestellt. Nach der Brutzeit gibt man von dieser Kultur, mittels einer Kapillarpipette, je ein Tröpfchen auf je ein Deckglas, das sich in einer Petrischale befindet. Die Deckgläser sind vorher mit 96% Alkohol und mit Äther gereinigt und entfettet und durch die Flamme gezogen. Dann werden die einzelnen Tröpfchen mit einer frisch ausgezogenen und zugeschmolzenen Glaskapillare möglichst gleichmäßig verstrichen und verschieden lange Zeiten getrocknet. Nach der Trocknungszeit nimmt man das Deckglas mit einer Pincette und legt es, zunächst 2 Minuten mit der Schichtseite nach unten, in ein mit 2 ccm alkalischer Brühe gefülltes Blockschälchen, um dann 1 Minute lang mit einer, über der Flamme gebogenen (hakenartig), Glaskapillare die Schichtseite gründlichst abzureiben. Diesem Blockschälchen werden nun 0,5 ccm entnommen und mit flüssigem Agar in einer Petrischale gut gemischt. Nach 24- bis 48stündiger Brutzeit kann man ¼ der nach der Trocknungszeit noch lebenden Bakterien auf dieser Platte als Kolonien zählen. ¼, da ja dem mit 2 ccm gefüllten Blockschälchen nur 0,5 ccm entnommen wurden.

Um die ursprüngliche Keimzahl eines Tröpfchens der Kapillarpipette zu bestimmen, gibt man es *direkt* in das Blockschälchen und verfährt dann genau wie oben beschrieben.

Natürlich ist sämtliches Material gründlichst gereinigt und steril.

Ich habe für meine Versuche immer den gleichen Agar und die gleiche alk. Brühe genommen, mit einer Alkaleszenz von ph—7,8. Die Austrocknung erfolgte an der Luft, im bakteriologischen Laboratorium, die Bebrütung bei 37° Celsius.

Zunächst habe ich nun, mit Hilfe der üblichen Untersuchungsverfahren, mich von der Echtheit und Reinheit meiner Coli-Stämme „F" und „K" überzeugt. Ich prüfte sie kulturell und mikroskopisch, dann auf Säure-, Gas- und Indolbildung. Sie zeigten alle charakteristischen Eigenschaften eines Bakt. Coli.

Anfang September 1934 begann ich mit meinen ersten Versuchen. Ich habe diese nicht schriftlich oder in Tabellen festgelegt, da sie mich zunächst rein technisch mit der Methode vertraut machen sollten.

Nun war es meine Aufgabe, die Versuche quantitativ auszuwerten. Ich sollte feststellen, wieviel von einer bestimmten Menge Coli nach einer bestimmten Trocknungszeit noch lebensfähig waren.

Anfangs nahm ich 24stündige Brühekulturen und verstrich beispielsweise auf 7 verschiedene Deckgläschen je ein Tröpfchen aus der Kapillarpipette. Dann stellte ich fest, wieviel Keime nach 1, 2, 3 usw. bis 7 Stunden Trockenzeit noch lebensfähig waren.

Ich kam so zu dem Ergebnis, daß anfangs, d. h. nach 1 bis 5stündiger Trockenzeit, die Zahl der noch lebensfähigen Keime sehr schnell abnahm, während von diesem Zeitpunkt ab die Trockenzeit um ein beträchtliches mehr als um eine Stunde verlängert werden mußte, um eine weitere Abnahme festzustellen. Dies führte mich schließlich zu einem bestimmten Schema, das ich dann, wie die Tabellen zeigen, bei sämtlichen Versuchsreihen angewendet habe. Ich untersuchte nämlich, wieviel Keime ohne jede Austrocknung und dann nach 1, 5, 10, 25stündiger Trockenzeit noch lebten. Darüber hinaus versuchte ich allmählich den Zeitpunkt zu bestimmen, an dem kein Keim mehr lebensfähig war.

Jetzt begann ich, meine Versuche schriftlich festzulegen*). Tabellen 1—4 zeigen die Ergebnisse. Ich arbeitete dabei mit dem Stamm „K" und unverdünnten Kulturen.

24stündige Coli-Aufschwemmung soll heißen, die mit Stamm „K" beimpften Saftfläschchen waren 24 Stunden im Brutschrank, z. B. beim 1. Versuch vom 12. 9. 1934 8.15 Uhr bis 13. 9. 1934 8.15 Uhr. Die linke Spalte gibt die verschiedenen Trockenzeiten an. Dann folgt in der 2. und 3. Spalte die Keimzahl. Ich entnahm den Blockschälchen immer zweimal 0,5 ccm und goß dann 2 Platten, daher Platte a und Platte b. In der 4. Spalte steht jedesmal die Durchschnittszahl der beiden Platten a und b. Schließlich stehen in der 5. Spalte die Prozentzahlen, in der ich die ohne jede Austrocknung erhaltenen Anfangskeimzahlen gleich 100% setzte. An diesen ersten Tabellen ist bemerkenswert, *daß schon nach einer Stunde Trockenzeit im Durchschnitt mehr als 50% der Anfangskeime abgestorben sind, und nach 10 Stunden die Zahl der noch lebensfähigen Keime durchweg weniger als 1% beträgt.*

Nun sind bei diesen Versuchen, wo ich die Brühekulturen unverdünnt gebrauchte, die Anfangskeimzahlen und auch die Zahlen der nach 1—5

*) Einige charakteristische Tabellen sind hinten beigefügt.

Stunden langer Austrocknung noch lebenden Keime zu hoch. Daher schritt ich zu einer Verdünnung der Brühekulturen im Verhältnis 1 : 100, d. h. ich nahm 0,1 ccm der Kultur und verdünnte sie mit 10 ccm frischer alk. Brühe. Hatte ich vorher Anfangskeimzahlen von 400 000—700 000, so bekam ich jetzt Anfangskeimzahlen von durchschnittlich 7000 (gezählt mit Okular nach Heim). Außerdem nahm ich jetzt bei den einzelnen Versuchen für jede Trockenzeit zwei Deckgläser, um damit zu zeigen, daß, unter gleichen Bedingungen und gleichen Trocknungszeiten, gleiche Zahlen herauskommen.

Ich möchte jetzt die Tabellen 5—22 (siehe hinten Tabelle 8) erklären. Es handelt sich hier um die Untersuchung des Stammes „F", Verdünnung 1 : 100, Tabelle 5—10 sind 6 Versuchsreihen mit jedesmal zwölfstündigen, Tabelle 11—16 mit jedesmal 18stündigen, Tabelle 17—22 mit jedesmal 24stündigen Brühekulturen. Die erste Spalte gibt wiederum die Trockenzeiten an, die 2. und 3. Spalte die Keimzahlen von je 2 Platten a und b des ersten bezw. zweiten Deckglases; die 4. Spalte die Durchschnittszahlen des ersten bezw. zweiten Deckglases, die 5. Spalte prozentual die Differenzen zwischen Deckglas 1 und 2, die 6. Spalte den Gesamtdurchschnitt und die 7. Spalte die prozentuale Berechnung.

*Die Differenzen zwischen Deckglas 1 und 2 betragen durchschnittlich knapp 20%.* Außenseiter mit einer Differenz bis zu 70% ließen sich — es handelt sich ja um biologische Dinge — nicht vermeiden.

Stelle ich nun die letzten Spalten der Tabelle 5—22 nebeneinander, so ergibt sich folgendes Bild (Zusammenstellung „F"):

Zusammenstellung „F".

*12stündige Kulturen.*

| *Trocknungs-zeit* | *1. Versuch* | *2. Versuch* | *3. Versuch* | *4. Versuch* | *5. Versuch* | *6. Versuch* | *Durch-schnitt* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 62 | 52 | 44 | 43 | 42 | 45 | 48 |
| 5 | 10 | 7 | 5,9 | 8 | 10 | 12 | 8,8 |
| 10 | 4 | 4 | 2 | 5 | 5,8 | 7 | 4,6 |
| 25 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,5 | 0,8 |

*18stündige Kulturen.*

| *Trocknungs-zeit* | *1. Versuch* | *2. Versuch* | *3. Versuch* | *4. Versuch* | *5. Versuch* | *6. Versuch* | *Durch-schnitt* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 63 | 62 | 48 | 35 | 39 | 40 | 48 |
| 5 | 1,4 | 1,5 | 0,6 | 5,5 | 5,7 | 5 | 3,3 |
| 10 | 0,44 | 0,84 | 0,31 | 3,2 | 3,2 | 2,7 | 1,78 |
| 25 | 0,06 | 0,16 | 0,08 | 0,04 | 1,9 | 0,9 | 0,58 |

*24stündige Kulturen.*

| *Trocknungs-zeit* | *1. Versuch* | *2. Versuch* | *3. Versuch* | *4. Versuch* | *5. Versuch* | *6. Versuch* | *Durch-schnitt* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 66 | 65 | 48 | 42 | 41 | 47 | 51 |
| 5 | 7 | 4 | 2 | 8 | 11 | 10 | 7 |
| 10 | 1,3 | 1 | 0,5 | 4,9 | 5 | 4,5 | 2,8 |
| 25 | 0,17 | 0,6 | 0,1 | 0,9 | 1 | 1,1 | 0,64 |

An dieser Aufstellung sieht man, daß es keine wesentliche Rolle zu spielen scheint, ob ich bei diesem Stamm 12-, 18- oder 24stündige Kulturen verwende. *Bei allen dreien sind im Durchschnitt schon nach einer Stunde Trockenzeit über 50% der Anfangskeime abgestorben. Nach 5 Stunden leben durchschnittlich noch 6%, nach 10 Stunden 3% und nach 25 Stunden weniger als 1%.*

Wie ich schon schrieb, bin ich bei allen Versuchen bei dem Schema 0, 1, 5, 10, 25 Stunden geblieben, um darüber hinaus allmählich zu dem Zeitpunkt zu kommen, wo sämtliche Keime abgestorben sind. Ich ging so auf 30, 35, 40, 50, 75, 100, 150 und erreichte bei 200 Stunden diesen Zeitpunkt (siehe Tabelle 8).

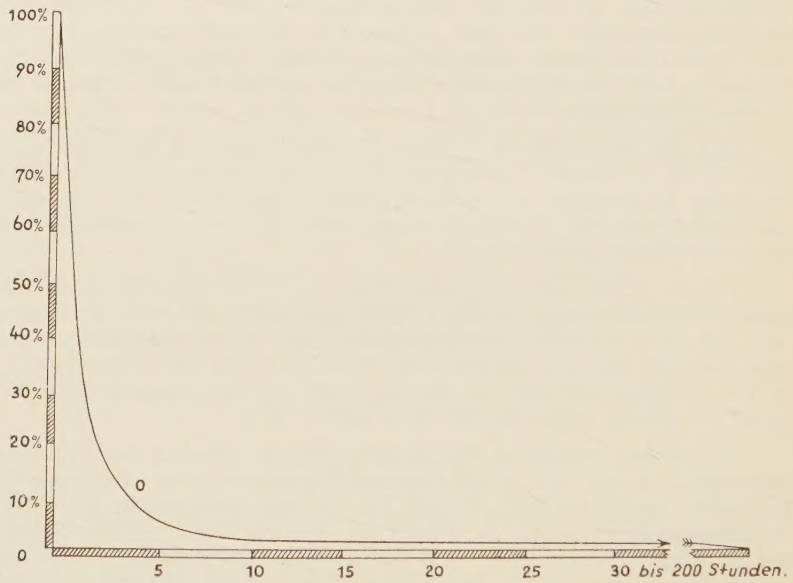
Daraus ergibt sich, daß schon nach $^1/_{200}$ (1 Stunde) dieser absoluten Austrocknungszeit nur noch 50% und schon nach $^1/_8$ der Zeit nur noch 1% der Anfangskeime lebensfähig sind. In ein Koordinatensystem gebracht heißt das, wir erhalten eine Kurve nach Art einer Hyperbel, d. h. sie fällt anfangs sehr steil ab, um sich dann nur ganz langsam dem Nullpunkt zu nähern (siehe nächste Seite Kurve „F").

Bei meinen Versuchen mit Stamm „K" ist plötzlich eine Änderung eingetreten, die mit den vorher erzielten Ergebnissen nicht übereinstimmte. Ich wollte, genau wie bei „F", mit 12-, 18- und 24stündigen Kulturen je 6 Versuchsreihen machen. Je 3 hatte ich, wie die Daten auf den Tabellen zeigen, schon im September 1934 fertiggestellt und ziemlich übereinstimmende Ergebnisse erzielt. Nach einer Pause von 4 Wochen — meine Stämme wurden in dieser Zeit zweimal frisch überimpft — setzte ich meine Versuche Anfang November fort. Am 4. 11. 1934 (Tabelle 32) begann ich wieder mit Stamm „K", um die restlichen 3 Versuchsreihen mit 18-stündigen Kulturen fertigzustellen. Diese 3 Versuchsreihen zeigten noch dieselben Ergebnisse, wie die vor der vierwöchigen Pause gemachten. Dann ließ ich allerdings den Stamm „K" 20 Tage lang auf einer Agarplatte stehen, ohne ihn frisch zu überimpfen, um während dieser Zeit meine Versuche mit Stamm „F" abzuschließen. Auch hier hatte ich dieselben Ergebnisse wie im September 1934. Als ich dann am 25. 11. 1934 wieder Versuche mit Stamm „K" begann, mußte ich wahrnehmen, daß ganz andere Ergebnisse wie früher mit demselben Stamm herauskamen (Tabelle 27).

Während früher bei 12stündigen Kulturen nach einstündiger Trockenzeit noch durchschnittlich 46% der Anfangskeime lebten, waren hier weniger als 1% noch lebensfähig und schon nach 25 Stunden kein Wachstum mehr vorhanden, gegenüber 1,3% bei den früheren Versuchen.

Diese Änderung führte ich darauf zurück, daß der Stamm 20 Tage lang unaufgefrischt auf der Agarplatte gestanden hatte. Ich frischte deshalb den Stamm zweimal in alkalischer Brühe auf und setzte dann nochmals drei Versuchsreihen an. Aber wiederum erhielt ich ähnliche Ergebnisse.

Kurve „F"




Im folgenden will ich nun die Versuche mit den veränderten Ergebnissen fortlassen, d. h. nur die Tabellen 23—25, 29—34, 35—37 auswerten. Die Anordnung ist dieselbe wie bei Stamm „F". Auch hier habe ich wieder die letzten Spalten der Tabellen zusammengestellt (siehe Zusammenstellung „K").

Im Gegensatz zum Stamm „F" kann man hier eine Abhängigkeit der Ergebnisse vom Alter der Kultur feststellen. Je älter nämlich die Kulturen, umso widerstandsfähiger scheinen die Keime. Während bei 12- und 18stündigen Kulturen nach einer Stunde Trockenzeit noch 46% Keime leben, leben bei 24stündigen Kulturen noch 53%.

Nach 5 Stunden Trockenzeit leben bei 24stündigen Kulturen noch 34%, bei 18stündigen noch 16% und bei 12stündigen noch 10,1%.

Nach 10 Stunden Trockenzeit leben bei 24stündigen Kulturen noch 20%, bei 18stündigen noch 9,6% und bei 12stündigen noch 7,1% der Anfangskeime.

Nach 25 Stunden Trockenzeit verhalten sich die Prozente wie 9 : 4 : 1,3.

Diese Ergebnisse, wiederum in ein Koordinatensystem gebracht, ergeben auch eine Art Hyperbel. Hier fällt nun die Kurve um so flacher ab, je älter die Brühekulturen waren, die ich bei den Austrocknungsversuchen gebrauchte (siehe Kurve „K").

Vergleicht man die Austrocknungskurve des Stammes „F" mit der des Stammes „K", so kann man feststellen, daß erstere bedeutend steiler abfällt als die von „K", d. h. Stamm „F" vermag der Austrocknung nicht soviel Widerstand entgegenzubringen als der Stamm „K". Ich würde deshalb den absoluten Austrocknungspunkt für Stamm „K" viel später als nach 200 Stunden erwarten.

## Zusammenstellung „K".

*12stündige Kulturen.*

| *Trocknungszeit* | *1. Versuch* | *2. Versuch* | *3. Versuch* | *Durchschnitt* |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 48 | 43 | 48 | 46 |
| 5 | 10 | 8,6 | 12 | 10,2 |
| 10 | 8,2 | 6,5 | 6,7 | 7,1 |
| 25 | 2,2 | 1 | 0,64 | 1,3 |

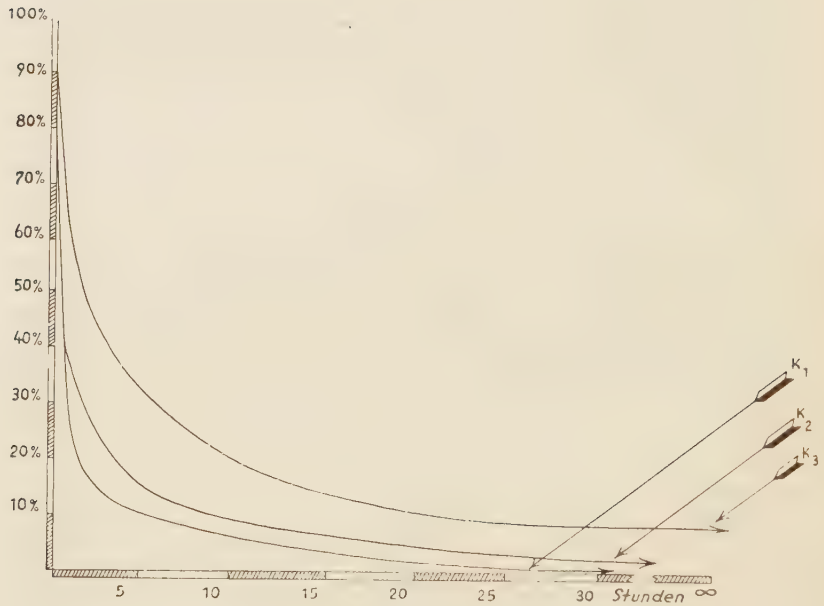
*18stündige Kulturen.*

| *Trocknungszeit* | *1. Versuch* | *2. Versuch* | *3. Versuch* | *4. Versuch* | *5. Versuch* | *6. Versuch* | *Durchschnitt* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 55 | 45 | 39 | 49 | 45 | 42 | 46 |
| 5 | 23 | 8 | 17 | 27 | 14 | 11 | 16 |
| 10 | 7,3 | 6 | 4,3 | 20 | 13 | 7 | 9,6 |
| 25 | 4 | 2,7 | 2,2 | 5,9 | 4 | 5 | 4 |

*24stündige Kulturen.*

| *Trocknungszeit* | *1. Versuch* | *2. Versuch* | *3. Versuch* | *Durchschnitt* |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 59 | 56 | 54 | 56 |
| 5 | 34 | 46 | 32 | 34 |
| 10 | 17 | 26 | 17 | 20 |
| 25 | 5 | 15 | 8 | 9 |

Kurve „K"




Ich möchte jetzt nochmals auf meine ersten Tabellen 1—4 zurückkommen. Hier benutzte ich ja unverdünnte Brühekulturen. Bei diesen ersten Versuchen habe ich schon nach 10stündiger Trockenzeit nur bis zu 0,7% noch lebender Keime, bei den verdünnten Kulturen hingegen unter sonst gleichen Bedingungen noch 20% lebender Keime. Das bedeutet, daß die Stoffwechselprodukte das Absterben der Keime bei Austrocknung bedeutend beschleunigen. Durch die Verdünnung der Kulturen und damit natürlich auch der Stoffwechselprodukte wurde diese Beschleunigung aufgehoben.

Ob es bei Coli insbesondere die Säurebildung ist, die das Absterben bei Trocknung beschleunigt, untersuchte ich in folgenden Nachversuchen:

Bei Coli Stamm „B" betrugen die ph-Werte, ausgehend von alkalischer Brühe ph-7,8 bei

| | |
|---|---|
| 12stündigen Kulturen | ph-7,15 |
| 18stündigen Kulturen | ph-7,3 |
| 24stündigen Kulturen | ph-7,45 |

Das bedeutet, die anfangs stark gebildete Säure wird, je älter die Kultur ist, umso mehr durch andere Stoffwechselprodukte wieder neutralisiert.

Ich nahm nun zunächst 18stündige unverdünnte Kulturen (ph-7,3), trocknete diese 0, 1, 5 und 10 Stunden und erhielt durchschnittlich (siehe Tabelle 41):

| | |
|---|---|
| Anfangskeimzahl . . . . . | 100% |
| nach 1 Stunde Trocknung . . . . . | 24% |
| nach 5 Stunden Trocknung . . . . . | 9% |
| nach 10 Stunden Trocknung . . . . . | 1,9% |

Dann machte ich 5 Versuchsreihen, wobei ich die 18stündigen Kulturen mit alkalischer Brühe (ph-7,8) im Verhältnis 1 : 100 verdünnte, und brachte diese Verdünnung künstlich mit Milchsäure auf den ph-Wert der unverdünnten 18stündigen Kultur (ph-7,3). Hierbei erhielt ich durchschnittlich (siehe Tabelle 42):

| | |
|---|---|
| Anfangskeimzahl . . . . . | 100% |
| nach 1 Stunde Trocknung . . . . . | 50% |
| nach 5 Stunden Trocknung . . . . . | 13% |
| nach 10 Stunden Trocknung . . . . . | 6% |

Der Vergleich zeigt, daß es nicht die Säure ist, die das Absterben bei Trocknung beschleunigt. Durch die Verdünnung wurden trotz Milchsäurezusatz die Keime widerstandsfähiger als sie es bei den unverdünnten Kulturen waren, genau wie bei meinen früheren Versuchen.

Aus meinen Untersuchungsergebnissen möchte ich den Schluß ziehen: Für jeden Stamm kann man eine für denselben charakteristische Austrocknungskurve darstellen. Diese Kurve ähnelt allgemein einer Hyperbel, d. h. in gleichen Zeiten geht nicht die gleiche Anzahl von Keimen zugrunde. Es findet eine Auslese statt.

Im folgenden habe ich untersucht, ob die Absterbeordnung des Bakt. Coli bei Trocknung dem Gesetz der mono-molekularen Reaktionen entspricht. (Siehe Absterbeordnung, REICHENBACH, Zeitschrift für Hygiene 69/170). Nach der Formel $K = \frac{1}{t_1 - t_0} \cdot \log \cdot \frac{a - x_0}{a - x_1}$ untersuchte ich meine ersten 8 Tabellen, d. h. 4 Tabellen, wo ich die Kulturen unverdünnt benutzte, und 4 mit einer Verdünnung von 1 : 100. Dabei setzte ich für $t_1$ und $t_0$ immer die nächstfolgenden Trocknungszeiten ein, und für $a - x_0$ bezw. $a - x_1$ die betreffenden Keimzahlen.

| *Tabelle 1* | *Tabelle 2* | *Tabelle 3* | *Tabelle 4* | *Unverdünnt* |
|---|---|---|---|---|
| 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,3 | |
| 0,1 | 0,1 | 2,0 | 0,2 | |
| 0,013 | 0,07 | 0,15 | 0,06 | |
| 0,06 | 0,1 | 0,2 | 0,18 | |

| *Tabelle 5* | *Tabelle 6* | *Tabelle 7* | *Tabelle 8* | *Verdünnung 1:100* |
|---|---|---|---|---|
| 0,2 | 0,2 | 0,25 | 0,15 | |
| 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,05 | |
| 0,06 | 0,06 | 0,003 | 0,05 | |
| 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | |

Aus obiger Zusammenstellung ergibt sich, daß man bei den unverdünnten Kulturen von einer Konstanten nicht sprechen kann. Ich führe das darauf zurück, daß bei diesen Versuchen die Keimzahlen zu hoch waren (500 000) und dadurch auch die Fehler, die durch Zählen, Pipettieren etc. entstehen, zu groß wurden, um ziemlich genaue Ergebnisse zu erzielen. Dagegen entspricht die Absterbeordnung bei den Versuchen, wo ich mit verdünnten Kulturen arbeitete (allerdings erst nach der ersten Stunde), dem Gesetz der monomolekularen Reaktionen, d. h. ich erhalte eine Konstante, die Werte von durchschnittlich 0,06 zeigt.

---

## Einige charakteristische Tabellen.

(Sämtliche Tabellen liegen im hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

### Tabelle II.

II. Versuch *24stündige Coli-Aufschwemmung* Stamm „K"

(12. IX. 1934, $8^{45}$ Uhr bis 13. IX. 1934, $8^{45}$ Uhr)

| | *Austrocknung 13. IX. 1934* | *Platte a* | *Platte b* | *Durchschnitt* | *Abnahme %* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) | direkt — 9 Uhr | 694 546 | 735 066 | 714 800 | 100 |
| 2) | 1 Std. — 10 Uhr | 267 756 | 275 334 | 271 500 | 38 |
| 3) | 5 Std. — 14 Uhr | 28 902 | 25 535 | 27 200 | 3,8 |
| 4) | 10 Std. — 19 Uhr | 5 656 | 4 848 | 5 250 | 0,7 |
| 5) | 25 Std. — 10 Uhr (14. IX.) | 544 | 410 | 480 | 0,06 |
| 6) | 30 Std. — 15 Uhr | 89 | 93 | 91 | — |

Tabelle 8.

IV. Versuch — *12stündige Coli-Aufschwemmung* — Stamm „F"
Verdünnung 1 : 100 — (18. XI. 1934, 19 Uhr bis 19. XI. 1934, 7 Uhr)

| | *Austrocknung 19. XI. 1934* | *Deckglas I* a | b | *Deckglas II* a | b | *Durchschnitt* I | II | *Fehler zwischen I und II* | *Gesamt-Durchschnitt* | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) | Direkt — $7^{15}$ | 6161 | | 6090 | | 6130 | | | 6130 | 100% |
| 2) | 1 Std. — $8^{15}$ | 2626 | 2727 | 2525 | 2626 | 2680 | 2570 | 3% | 2625 | 43% |
| 3) | 5 Std. — $12^{15}$ | 635 | 349 | 445 | 556 | 490 | 500 | 2% | 495 | 8% |
| 4) | 10 Std. — $17^{15}$ | 221 | 254 | 352 | 395 | 237 | 373 | 36% | 308 | 5% |
| 5) | 25 Std. — $8^{15}$ (20. XI. 1934) | 17 | 99 | 61 | 39 | 58 | 50 | 13% | 54 | 0,87% |
| 6) | 50 Std. — $9^{15}$ (21. XI. 1934) | 21 | 20 | 11 | 21 | 20 | 16 | 20% | 18 | 0,29% |
| 7) | 150 Std. — $13^{15}$ (25. XI. 1934) | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | | 1 | 0% |
| 8) | 200 Std. — $15^{15}$ (27. XI. 1934) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0% |

Tabelle 32.

IV. Versuch — *18stündige Coli-Aufschwemmung* — Stamm „K"
Verdünnung 1 : 100 (4. XI. 1934, 13 Uhr bis 5. XI. 1934, 7 Uhr)

| | *Austrocknung 5. XI. 1934* | *Deckglas I* a | b | *Deckglas II* a | b | *Durchschnitt* I | II | *Fehler zwischen I und II* | *Gesamt-Durchschnitt* | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) | Direkt — $7^{15}$ | 2151 | | 2212 | | 2180 | | | 2180 | 100% |
| 2) | 1 Std. — $8^{15}$ | 1187 | 1071 | 1013 | 974 | 1130 | 1000 | 10% | 1065 | 49% |
| 3) | 5 Std. — $12^{15}$ | 630 | 611 | 555 | 608 | 620 | 580 | 7% | 600 | 27% |
| 4) | 10 Std. — $17^{15}$ | 406 | 428 | 497 | 470 | 417 | 483 | 15% | 450 | 20% |
| 5) | 25 Std. — $8^{15}$ (6. XI. 1934) | 114 | 140 | 128 | 130 | 127 | 129 | 2% | 128 | 5,9% |
| 6) | 40 Std. — $23^{15}$ | 7 | 6 | 14 | 10 | 7 | 12 | | 10 | 0,5% |
| 7) | 50 Std. — $9^{15}$ (7. XI. 1934) | 6 | 4 | 8 | 9 | 5 | 9 | | 7 | 0,3% |

Tabelle 27.

V. Versuch — *12stündige Coli-Aufschwemmung* — Stamm „K"
Verdünnung 1 : 100 (25. XI. 1934, $19^{30}$ Uhr bis 26. XI. 1934, $7^{30}$ Uhr)

| | *Austrocknung 26. XI. 1934* | *Deckglas I* a | b | *Deckglas II* a | b | *Durchschnitt* I | II | *Gesamt durchschnitt* | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) | Direkt — $7^{45}$ | 1818 | | 2050 | | 1930 | | 1930 | 100% |
| 2) | 1 Std. — $8^{15}$ | 5 | 11 | 3 | 18 | 8 | 10 | 9 | 0,46% |
| 3) | 5 Std. — $12^{15}$ | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0,1% |
| 4) | 10 Std. — $17^{45}$ | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0,05% |
| 5) | 25 Std. — $8^{45}$ (27. XI. 1934) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |

Tabelle 41.

Stamm B *18stündige Coli-Aufschwemmung* *unverdünnt*

(15. IV. 1935, 14 Uhr bis 16. IV. 1935, 8 Uhr)

| | *Trocknungs-zeit* | *I. Deck-glas* | *II. Deck-glas* | *Durch-schnitt* | % |
|---|---|---|---|---|---|
| *I. Versuch:* | 0 Std. | 612 555 | 498 885 | 555 000 | 100 |
| | 1 Std. | 170 505 | 138 930 | 154 000 | 27 |
| | 5 Std. | 42 942 | 49 889 | 46 000 | 8 |
| | 10 Std. | 6 666 | 4 949 | 5 800 | 1 |
| *II. Versuch:* | 0 Std. | 479 940 | 467 310 | 473 000 | 100 |
| | 1 Std. | — | 157 875 | 158 000 | 33 |
| | 5 Std. | 56 835 | 69 465 | 63 000 | 13 |
| | 10 Std. | 12 120 | 16 160 | 14 000 | 3 |
| *III. Versuch:* | 0 Std. | 460 995 | 425 735 | 443 000 | 100 |
| | 1 Std. | 113 670 | 107 355 | 110 000 | 22 |
| | 5 Std. | 44 205 | 56 835 | 50 000 | 11 |
| | 10 Std. | 6 363 | 5 252 | 5 800 | 1 |
| *IV. Versuch:* | 0 Std. | 562 035 | 618 870 | 590 000 | 100 |
| | 1 Std. | 101 040 | — | 10 000 | 17 |
| | 5 Std. | 25 250 | 23 230 | 24 000 | 4 |
| | 10 Std. | 7 979 | 12 120 | 10 000 | 1,7 |
| *V. Versuch:* | 0 Std. | 536 775 | 555 720 | 546 000 | 100 |
| | 1 Std. | 117 459 | 126 300 | 122 000 | 22 |
| | 5 Std. | 63 150 | 56 835 | 60 000 | 11 |
| | 10 Std. | 18 180 | 10 100 | 14 140 | 2,6 |

Tabelle 42.

Stamm B *18stündige Coli-Aufschwemmung* Verdünnung 1 : 100

(23. IV. 1935, 14 Uhr bis 24. IV. 1935, 8 Uhr)

*Milchsäurezusatz.*

| | *Trocknungs-zeit* | *Deck-glas I* | *Deck-glas II* | *Durch-schnitt* | % |
|---|---|---|---|---|---|
| *I. Versuch:* | 0 Std. | 9 797 | 9 191 | 9 500 | 100 |
| | 1 Std. | 4 242 | 5 454 | 4 850 | 51 |
| | 5 Std. | 1 313 | 1 111 | 1 200 | 12 |
| | 10 Std. | 266 | 191 | 228 | 2 |
| *II. Versuch:* | 0 Std. | 7 272 | 6 969 | 7 100 | 100 |
| | 1 Std. | 4 646 | 4 141 | 4 350 | 61 |
| | 5 Std. | 980 | 1 515 | 1 250 | 18 |
| | 10 Std. | 657 | 800 | 727 | 10 |
| *III. Versuch:* | 0 Std. | 6 868 | 8 080 | 7 500 | 100 |
| | 1 Std. | 2 929 | 3 232 | 3 100 | 41 |
| | 5 Std. | 2 121 | 1 010 | 1 570 | 21 |
| | 10 Std. | 732 | 615 | 670 | 9 |
| *IV. Versuch:* | 0 Std. | 9 393 | 10 000 | 9 700 | 100 |
| | 1 Std. | 6 767 | 4 848 | 5 800 | 59 |
| | 5 Std. | 863 | 1 212 | 1 000 | 10 |
| | 10 Std. | 661 | 915 | 790 | 8 |
| *V. Versuch:* | 0 Std. | 7 676 | 6 868 | 7 300 | 100 |
| | 1 Std. | 2 121 | 3 535 | 2 830 | 38 |
| | 5 Std. | 611 | 431 | 520 | 7 |
| | 10 Std. | 321 | 452 | 380 | 5 |

# Schrifttum:


Berkholz: Über den Einfluß des Eintrocknens auf die Lebensfähigkeit der Cholerabazillen. Arb. Kais. Ges. A. 1889, Bd. 5, S 1.

Kirstein: Dauer der Lebensfähigkeit von versprengten Mikroorganismen in feinsten Tröpfchen und Stäubchen.
Zeitschrift für Hygiene 1900, Bd. 35/123.
Zeitschrift für Hygiene 1902, Bd. 39/93.
Zeitschrift für Hygiene 1905, Bd. 50/186.

Ficker: Über die Resistenz von Bakterien gegenüber dem Trockenen.
Zeitschrift für Hygiene 1907, Bd. 59/367.

Winslow and Abrahamson: The effect of drying of bact.
Proc. Soc. Biol. a. M. New-York 1912, Vol. 9/107.

Shattock and Dudgeon: Daping unvaporared bact. in vacum.
P. R. S. 1912, Vol. 85/127.

Reichenbach: Die Absterbeordnung der Bakterien und ihre Bedeutung für Theorie und Praxis der Desinfektion.
Zeitschrift für Hygiene, Bd. 69/170.


---


Ich möchte nicht versäumen, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Knorr, auch auf diesem Wege für die Zuweisung der Arbeit, seine Unterstützung, sowie auch Herrn Dr. Oesterle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

# Lebenslauf

Am 24. Oktober 1910 wurde ich, *Karl Berger,* als Sohn des Kaufmanns *Karl Joseph Berger* und seiner Ehefrau *Emilie,* geb. Osthus, in Solingen geboren. In meinem vierten Lebensjahre zogen meine Eltern mit mir nach Essen, wo ich von Ostern 1917 die Volksschule und von 1921 ab das Realgymnasium Essen-Bredeney besuchte, bis ich dort im März 1930 mein Abitur machte. Meine ersten medizinischen Semester bis zur ärztlichen Vorprüfung im August 1932 belegte ich an der Universität Bonn. Meine klinischen Semester hörte ich in Würzburg bis zur medizinischen Staatsprüfung im Herbst 1935.

---

Ehrenwörtliche Versicherung.

Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, daß ich mich bei der vorliegenden Arbeit keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Würzburg, den 11. November 1935.

Karl Berger.